

Schnellbericht zur Befliegung vom 11.11.2025

Vorbemerkungen

Das letzte Längsprofil im Jahr 2025 entlang des Elbe-Ästuars konnte planmäßig am 11. November durchgeführt werden. An 36 Messstellen wurden innerhalb einer Ebbphase von einem Hubschrauber oberflächennahe Wasserproben entnommen und an die beteiligten Labore in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hamburg überbracht.

Die Lage der Messstellen zeigt der [GoogleMaps-Link](#). Direkt im Hauptstrom der Elbe liegen 30 Messstellen, wobei sich jeweils zwei Messstellen im Hamburger Stadtgebiet rund um die Elbinsel Wilhelmsburg/Veddel auf die Norder- bzw. Süderelbe verteilen. Vier Messstellen befinden sich in den Nebeneiben, d. h. in den durch die großen Elbinseln (Sanden) Neßsand mit Hanskalbsand, Lühesand, Pagensand und die Rhinplate bei Glücksburg abgetrennten Bypass-Ströme. Zwei weitere Messstellen liegen außerhalb der Elbe-Kilometrierung nördlich und südlich des engeren äußeren Elbe-Ästuars im Bereich der Nordsee.

Anhand der [Messstellenkarte](#) sieht man, dass vier Messstellen (H01 bis H04) primär der Nordsee zuzuordnen sind – und auch die Messstelle direkt an der Elbmündung (H05 - Cuxhaven) ist anhand ihrer Lage eher marinen Charakters.

Diese räumlichen Hinweise sind deshalb von Bedeutung, weil für die genannten Messstellen (H01 – H04) nicht allein die Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), sondern auch die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und das Internationale Meeresschutzabkommen (OSPAR/HELCOM) greifen.

Um einen vergleichbaren Referenzzustand für das Nährstoffdargebot der Elbe abbilden zu können, sind ausschließlich Daten außerhalb der Vegetationsperiode heranzuziehen. Gemeinhin gilt hierfür der Zeitraum von November bis einschließlich des folgenden Februars. Frühere oder spätere Erhebungen können durch pflanzliches Wachstum und damit einhergehender Bindung gelöster Nährstoffe zu interpretativen Verfälschungen führen. Primäres Augenmerk gilt hierbei den anthropogen verursachten, flussbürtigen Einträgen von Stickstoff und Phosphor in die Meeresumwelt.

Für das Elbe-Ästuar mit teilweise dominanten Kieselalgenblüten ist auch die Beobachtung von gelöstem Silizium bzw. Kieselsäure von Bedeutung. Hieran lässt sich die saisonale Entwicklung von Algen mit der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkung auf den Sauerstoffhaushalt in der Tideelbe darstellen.

Deutlich wird daran, dass die sogenannten Winterflüge der Längsprofile (im hydrologischen Winter von November bis Februar) eine eigene und von den Sommerflügen (Mai bis August) abgrenzbare thematische Fokussierung aufweisen. Während es im Sommer primär um die

Dokumentation der Entwicklung der Sauerstoffdefizite geht, zeigen die Daten im Winter die eigentlichen Ursachen dafür auf - nämlich das Dargebot an potenziell nutzbaren Nährstoffen.

Zudem wird deutlich, dass die beiden Winterflüge im November bzw. Februar nach Möglichkeit die besagten fünf Messstellen außerhalb des eigentlichen Flussmündungsbereichs umfassen sollten. Die praktische Schwierigkeit besteht oft darin, dass an diesen Tagen häufig mit schwierigen Sichtverhältnissen infolge Nebels zu rechnen ist. Vorsorglich werden daher bei der Planung der Winterprobenahmen mehrere Ersatztermine einbezogen.

Der Sinn dieser Schnellberichte liegt darin, die jüngsten Gewässerdaten möglichst zügig den fachlich eingebundenen Expertinnen und Experten sowie der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus gibt es in diesem Schnellbericht einen außerhalb der Aktualität liegenden kurzen Exkurs zur Nährstoffsituation im erweiterten Mündungsbereich der Tideelbe (siehe Seite 13).

Die **aktuellen und rasch vorhandenen Analysedaten** finden sich in Tabelle 1 in diesem Bericht. Eine Visualisierung zur Vermittlung der Örtlichkeiten zeigt die Abbildung 10.

Zustrom an Oberwasser

Die Bedeutung des Zustroms an Oberwasser aus der Mittelelbe wurde schon mehrfach in diesen Schnellberichten und anderen Publikationen der FGG Elbe dargestellt. Ein eindeutig kausaler Zusammenhang lässt sich zur Lage der oberen Brackwassergrenze darlegen. Es gibt zudem Hinweise aus der jüngeren Zeit, dass auch das für Ästuare typische Phänomen der Trübungszone vom Oberwasserzustrom beeinflusst wird.

Der Oberwasserzufluss wird am Pegel Neu Darchau (Strom-km 536,4) bestimmt. Der Pegel wird von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion betrieben, welcher rund 50 km oberhalb vom Wehr Geesthacht liegt, dem Beginn der von der Tide beeinflussten Elbe. Der Pegel repräsentiert knapp 90 % des Flusseinzugsgebietes der Elbe.

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Wasserstände der letzten Monate. Permanent lag der Oberwasserzustrom deutlich unterhalb der saisonalen Mittelwerte der letzten 20 Jahre und auch im Vergleich zum Vorjahr ist von einer außergewöhnlichen und langanhaltenden Niedrigwassersituation zu sprechen.

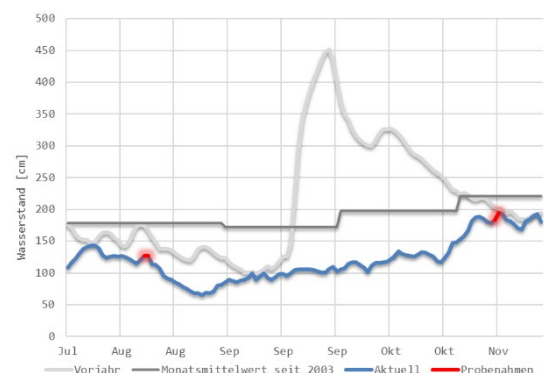


Abbildung 1: Wasserstand der letzten vier Monate am Pegel Neu Darchau (Quelle: WSV) im Vergleich zum Vorjahr und den Monatsmittelwerten seit 2003 (Rot: Situationen zu den Zeitpunkten der Probenahme).

Allerdings hat sich der Zustrom an Oberwasser zuletzt an die saisonalen Erwartungswerte etwas angeglichen. Mit $415 \text{ m}^3/\text{s}$ entspricht er etwa dem 40-Perzentil aller seit 2003 erhobenen Daten. Das heißt, 40 % der Abflüsse lagen in diesem Zeitraum niedriger und 60 % lagen höher. Siehe hierzu Abbildung 2.

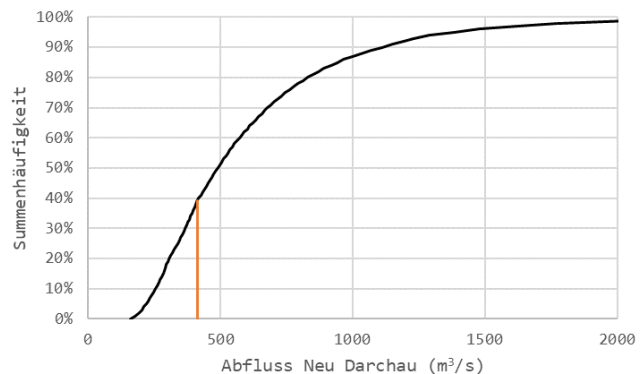


Abbildung 2: Summenhäufigkeitsverteilung aller Oberwasserabflüsse am Pegel Neu Darchau seit 2003. Die gelbe Markierung zeigt die Einordnung am Tag der aktuellen Probenahme (11.11.2025).

Wichtig ist, darauf hinzuweisen, dass nicht der tagesaktuelle Abfluss, sondern ein auf bestimmte Art und Weise integrierter Abfluss

des vorherigen Zeitraums für bestimmte Erscheinungen im Bereich der Tideelbe als Wirkungsursache zu verstehen ist.

Die Reise eines Wasserkompartiments vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee kann - je nach Zustrom vom Oberwasser - zwischen zwei (hoher Abfluss) und 12 Wochen (niedriger Abfluss) andauern. Auf die innewohnende Problematik der Interpretation von möglichen Kausalitäten des Oberwasserzustroms zu gewässerökologischen Erscheinungen wurde schon im letzten Schnellbericht hingewiesen (August 2025).

Obere Brackwassergrenze (bei Ebbstrom)

Als obere Brackwassergrenze bei Ebbstrom wird in diesen Schnellberichten derjenige Ort bezeichnet, an dem mittels Interpolation zweier Messpunkte eine Salinität von 1 ‰ erreicht wird. In guter Näherung entspricht eine Salinität von 1 ‰ einer elektrischen Leitfähigkeit von rund $1.800 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ (bei einer Bezugstemperatur von 25°C).

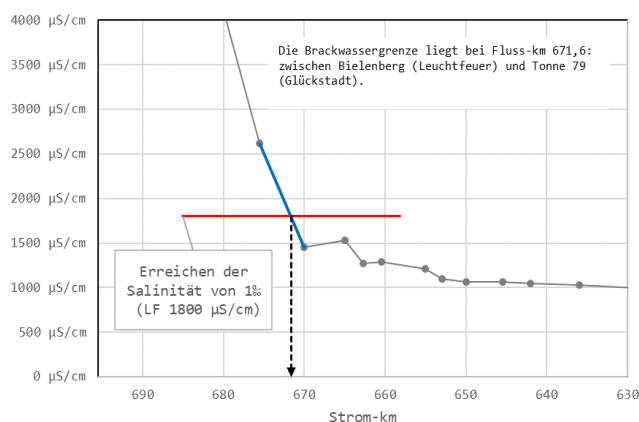


Abbildung 3: Ermittlung der oberen Brackwassergrenze am 11.11.2025.

In Abbildung 3 ist dieses Vorgehen anhand der aktuellen Daten vom 11. November 2025 illustriert. Danach lag die obere Brackwassergrenze bei Strom-km 671,6, d. h. zwischen den Messstellen Bielenberg (Leuchtturm) und Glückstadt (Tonne 79). Beim zuletzt durchgeführten Längsprofil im August 2025 wurde die obere Brackwassergrenze bei Strom-km 672,4 lokalisiert, demnach zwischen denselben Messstellen wie im November.

Die an den Tagen der Längsprofile ermittelten Positionen der oberen Brackwassergrenze seit 2023 zeigt Abbildung 4. Der visualisierbare Trend hin zu einer landeinwärts verlagerten Brackwassergrenze im Laufe der letzten beiden Jahre wird durch die analoge Darstellung der jeweiligen aktuellen Oberwasserabflüsse am Pegel Neu Darchau (Abbildung 5) erklärbar. Der primär wirksame Faktor für die Lage der oberen Brackwassergrenze ist der Zustrom an Oberwasser (Abflussmenge).

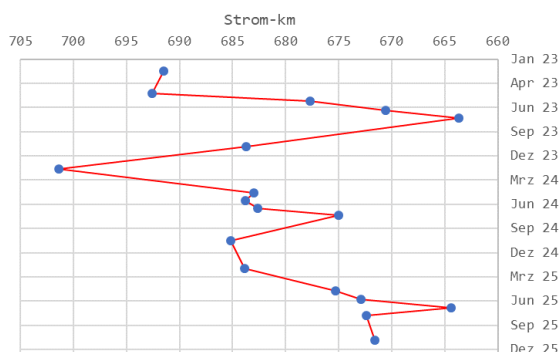


Abbildung 4: Lage der oberen Brackwassergrenze an Tagen des Längsprofils in den letzten beiden Jahren.

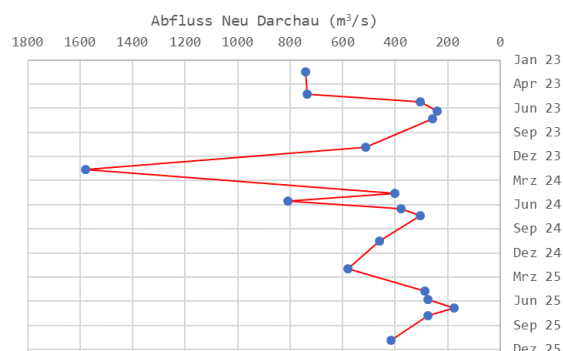


Abbildung 5: Tagesaktuelle Abflüsse am Pegel Neu Darchau zu den Zeitpunkten der Längsprofile.

Betrachtet man alle Längsprofile seit 2003, so wird dieser Zusammenhang verdeutlicht (Abbildung 6). Bei einem Bestimmtheitsmaß von $r^2=0,85$ lässt sich die Lage der oberen Brackwassergrenze demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 85 % mit dem Oberwasserzustrom in Verbindung bringen. Die verbleibenden 15 % sind anderen sekundären Einflüssen zuzuschreiben, wie etwa der Windrichtung, der Gewässermorphologie, der Ebbphase¹ und schließlich auch Zufallsfaktoren wie denen der probenahmetechnisch und analytisch bedingten Messunsicherheiten.

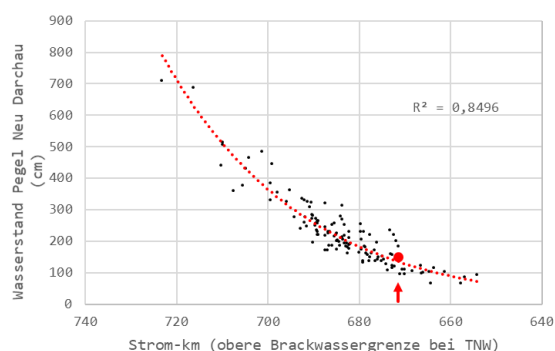


Abbildung 7: Zusammenhang von Oberwasserzustrom (hier als Wasserstand) und Lage der Brackwassergrenze seit 2003 (rot: aktueller Wert).

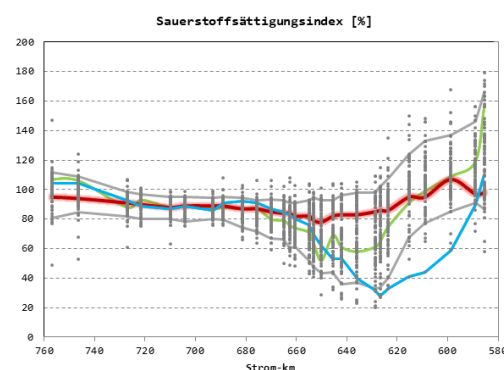


Abbildung 6: Sauerstoffsättigungsindex im Längsprofil (Rot: Aktuell; Grün: August 2025; Blau: Juli 2025; Graue Punkte: Alle Daten seit 2010; Graue Linien: Mittlerer 90-Perzentilbereich seit 2010).

¹ Wünschenswert ist, dass alle Messpunkte bei allen Längsprofilen zum jeweils exakt gleichen Zeitpunkt der Ebbphase beprobt würden (z. B. Glückstadt: zwei Stunden vor Tide-Niedrigwasser – TNW). Das jedoch ist aus verschiedenen Gründen logistisch nicht leistbar.

Sauerstoffhaushalt

Das sich wiederkehrend zeigende und aus ökologischer Sicht bedeutsamste Problem in der Tideelbe ist das periodisch auftretende Sauerstoffdefizit im Bereich des Hamburger Hafens. Nach bisherigen Erkenntnissen lässt es sich wie folgend umschreiben:

- Infolge der vielfachen, anthropogen verursachten, hydromorphologischen Überprägungen der Tideelbe hat sich die Verweilzeit des Wasserkörpers im Bereich der Hamburger Tideelbe erhöht. Außerdem führen die Vertiefungen des Fahrwassers (in Kombination mit dem Verlust an Flachwasseranteilen) zu einem Verlust an lichtdurchfluteten (euphotischen) Wasserbereichen. Dies hat einerseits zur Folge, dass kein biogener Sauerstoff mehr produziert werden kann und andererseits, dass die Sauerstoffzehrung infolge des mikrobiellen Abbaus der Algenfracht verlängert innerhalb eines kurzen Flussabschnittes (ca. 30 km) stattfindet.
- Bedingt durch Nährstoffeinträge in die obere und mittlere Elbe kommt es in den Sommermonaten zu heftigen Algenblüten, demnach dem Zuwachs an organischen Stoffen. Erkennbar ist dies an Sauerstoffsättigungen von mehr als 100 % am Elbewehr Geesthacht.
- Nach Passage des Wehrs bei Geesthacht – dem Beginn der Tidebeeinflussung – kommt es zu einer Konkurrenz von sauerstoffproduzierenden Algen und sauerstoffreduzierenden Destruenten.
- Bei Erreichen des Hamburger Hafens (über die Norder- und Süderelbe) mit den dort vorhandenen seeschifftiefen Ausbautiefen wird das Algenwachstum mangels Lichteinfalls eingeschränkt, so dass die Sauerstoffzehrung innerhalb einer kurzen Fließstrecke Oberhand gewinnt.
- In den Sommermonaten kann das Sauerstoffdefizit so weit zunehmen, dass es zu einer unüberwindbaren ökologischen Barriere für Wanderfische wird.

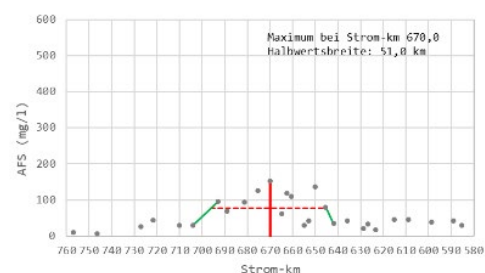
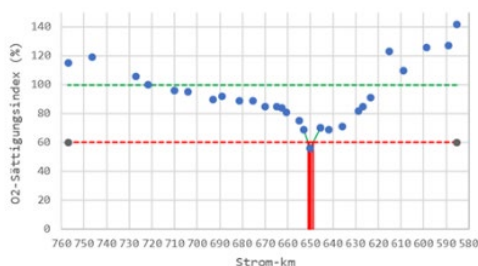
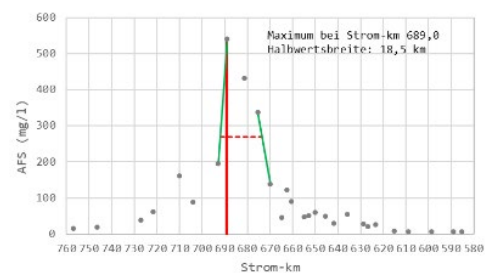
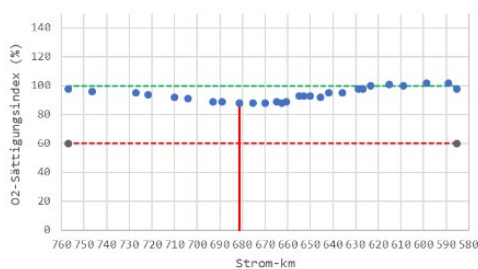
Im „hydrologischen Winter“ zeigt sich das beschriebene Phänomen von Sauerstoffdefiziten in aller Regel nicht. Beim jüngsten und hier berichteten Längsprofil aus November lagen die Sauerstoffsättigungen nahezu durchweg zwischen 80 % und 100 % (Abbildung 7). In Flüssen und Bächen des Marschlandes zeigen die Erfahrungswerte, dass eine Sauerstoffsättigung von etwa 80 % als Optimum gelten. Einer immerzu währenden Sauerstoffreduktion durch atmende Organismen (Fische, Kleintiere) steht ein außerhalb der Vegetationsperiode nur geringer Ausgleich sauerstoffproduzierender Prozesse (Photosynthese) gegenüber. Die rein physikalische Belüftung des Wassers reicht in den meist langsamen Strömungen nicht aus, um Sauerstoffdefizite auf das physikalische Soll von 100 % zu bringen.

Die diesjährige Entwicklung des Sauerstofftals zeigt Abbildung 8 anhand der Längsprofile in den Monaten Februar, Mai, Juni, Juli, August und November. Die beiden darin vertikal gestrichelten Grenzlinien bei einer Sauerstoffsättigung von 60 % und 100 % zeigen den gewässerökologisch definierbaren Optimalbereich:

- Die untere Grenze von 60 % basiert auf der Erkenntnis, dass Sauerstoffsättigungen unterhalb dieses Werts für empfindliche Fischarten (z. B. Salmoniden) und insbesondere von juvenilen Entwicklungsstadien bereits zu gering sind, um nicht als ökologische Barriere wahrgenommen zu werden.
- Die obere Grenze von 100 % folgt der Überlegung, dass dieser Wert einzig durch biogene Sauerstoffproduktion überschritten werden kann. Größere Werte deuten daher auf nährstoffbedingtes Algenwachstum hin und damit zu einer Erhöhung von Biomasse, welche zu einem späteren Zeitpunkt wiederum zu Sauerstoffdefiziten führen wird.

Die Darstellung in Abbildung 8 zeigt, dass das in diesem Bericht definierte Sauerstofftal (mit < 60 %) im Juli 2025 mit einer rund 50 km weiten Ausdehnung am größten gewesen ist.

Die Messungen im Winter (Februar und jüngst im November) zeigen zwar keine Hinweise auf kritische Sauerstoffdefizite, doch ist anhand der Längsprofile selbst hier noch das Merkmal einer offenbar systematischen Reduzierung des Sauerstoffgehalts im Hamburger Hafenbereich wahrzunehmen; Ursache unklar.



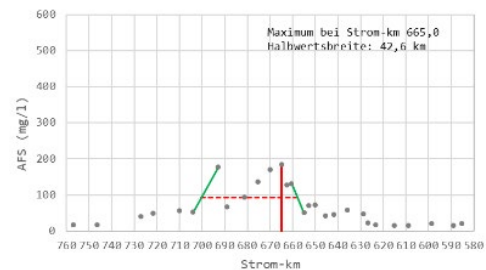
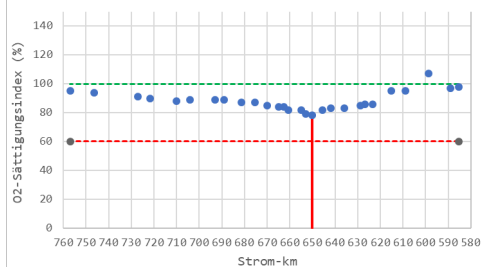
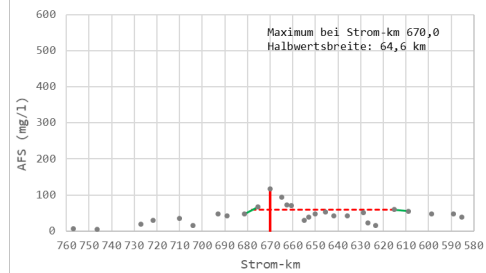
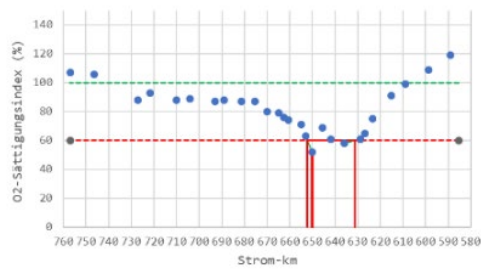
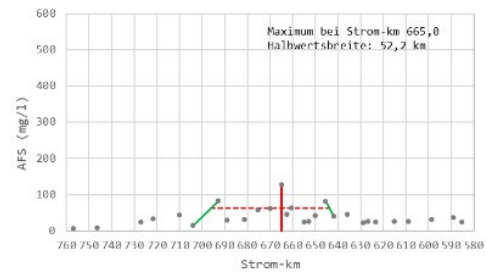
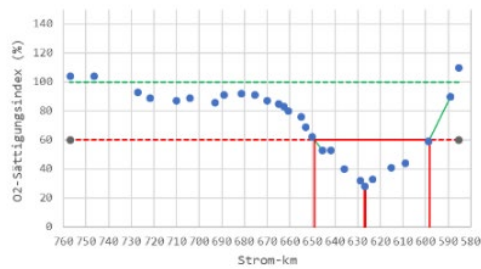
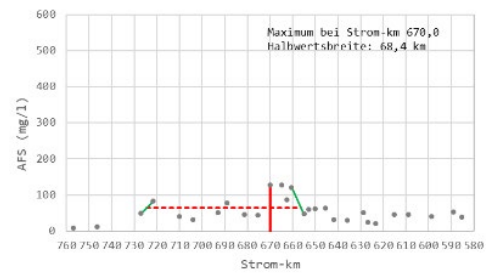
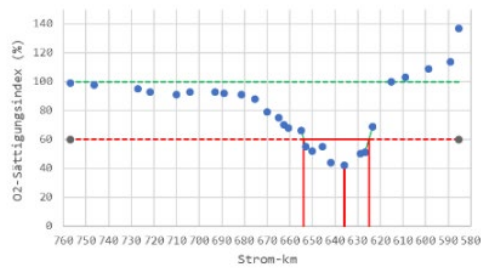


Abbildung 8: Entwicklung des **Sauerstofffalls** in 2025 (von oben nach unten: Februar, Mai, Juni, Juli, August, November). Grüne gestrichelte Linie: maximales Optimum; Rote gestrichelte Linie: Minimalwert für empfindliche Fischarten und Entwicklungsstufen. Roter Kasten: Ausdehnung des Sauerstoffdefizits (< 60 %). Rote senkrechte Linie: Lage des jeweiligen Minimums.

Abbildung 9: Entwicklung der algorithmisch bestimmten **Trübungszone** in 2025 (von oben nach unten: Februar, Mai, Juni, Juli, August, November). Rote senkrechte Linie: Lage des Maximums. Grüne Linien: Lage der Messstellen zwischen denen der halbe Wert des Maximums erreicht bzw. verlassen wurde. Rot gestrichelt: Halbwertsbreite (hier konventionell bestimmte Ausbreitung der Trübungszone).

Trübungszone

Wie schon mehrfach in diesen Berichten darauf hingewiesen wurde, handelt es sich bei der Trübungszone um einen in der Regel eng umgrenzten Bereich erhöhter Schwebstoffgehalte beim Aufeinandertreffen von Meerwasser und limnischen Süßwasser.

Dieses Phänomen findet man prinzipiell in allen Ästuaren mit schwebstoffhaltigen Zuflüssen in das Meer. Vereinfacht ausgedrückt reduziert sich das Sedimentationsvermögen von Schwebstoffen in salzbedingt viskoserer Lösungen, so dass es hier zu einer Kumulation von oberflächennahen Schwebstoffen kommt.

Das primäre Anliegen dieser Schnellberichte ist es, die jeweils aktuell ermittelten Messergebnisse zügig der interessierten Fachwelt und Öffentlichkeit zu präsentieren. Zugleich aber wollen die Autoren und Autorin die mittlerweile über mehrere Jahrzehnte angewachsene Datenmenge nutzen, um Parametrierungen bzw. Algorithmen zu erproben, welche sich für die Bewertung eines einzelnen Längsprofils im Kontext früherer Messungen oder auch für Trendaussagen eignen.

Ein solcher hier *testweise* angewendeter Algorithmus findet sich bebildert in Abbildung 9 für die Trübungszone. Dargestellt sind die in 2025 ermittelten Daten für die abfiltrierbaren Stoffe. Als Zentrum der Trübungszone gilt dabei das jeweilig tagesaktuelle Maximum der analysierten Daten. Die Ausbreitung der Trübungszone wird dabei über die jeweilige *Halbwertsbreite* bestimmt. Dabei werden die Orte ermittelt, an dem das halbe Maximum stromaufwärts gerade eben überschritten und stromabwärts gerade eben wieder unterschritten wird. Die Differenz dieser beiden Orte kann als räumliche Ausbreitung der Trübungszone angenommen werden.

Unter dieser Annahme zeigt das Längsprofil aus dem Februar das markanteste Profil mit einem hohen Maximalwert an Schwebstoffen und einer vergleichsweise geringen Halbwertsbreite. Zugleich zeigt sich, dass im Verlaufe des Jahres eine Verlagerung der Trübungszone stromaufwärts bei gleichzeitiger Uneindeutigkeit wahrzunehmen ist.

Generell ist zu sagen, dass sich die maximale Trübung in 2025 im Vergleich zu den Vorjahren als moderat zeigt, während die Ausbreitung der dann nur vergleichsweise geringfügig erhöhten Trübungen sich über einen längeren Strombereich darlegte.

Aus gewässerökologischer Sicht ist die Trübungszone (in ihrem dokumentierten Ausmaß) indessen nicht sonderlich bedeutsam. Deren räumliche und zeitliche Entwicklung ist jedoch ein guter Indikator für trendartige Veränderungen, welche sich integrativ aus Oberwasserzuströmen, Gewässermorphologie, Bewirtschaftung und weiteren Faktoren zusammensetzen.

Weitere Hinweise:

- Entlang der Flugroute konnten 27 Robben im unteren Bereich des Elbe-Ästuars gezählt werden (August: 162).
- Das nächste winterliche Längsprofil ist plangemäß für den 5. Februar 2026 vorgesehen. Bei unzureichenden Wetterverhältnissen sind die Ausweichtermine tidenbedingt in KW 9 oder 10 geplant.

Verfasser*innen:

Ulrich Wiegel, NLWKN Betriebsstelle Stade

Dr. René Schwartz, BUKEA Hamburg

Dr. Anette Kock, LfU Flintbek

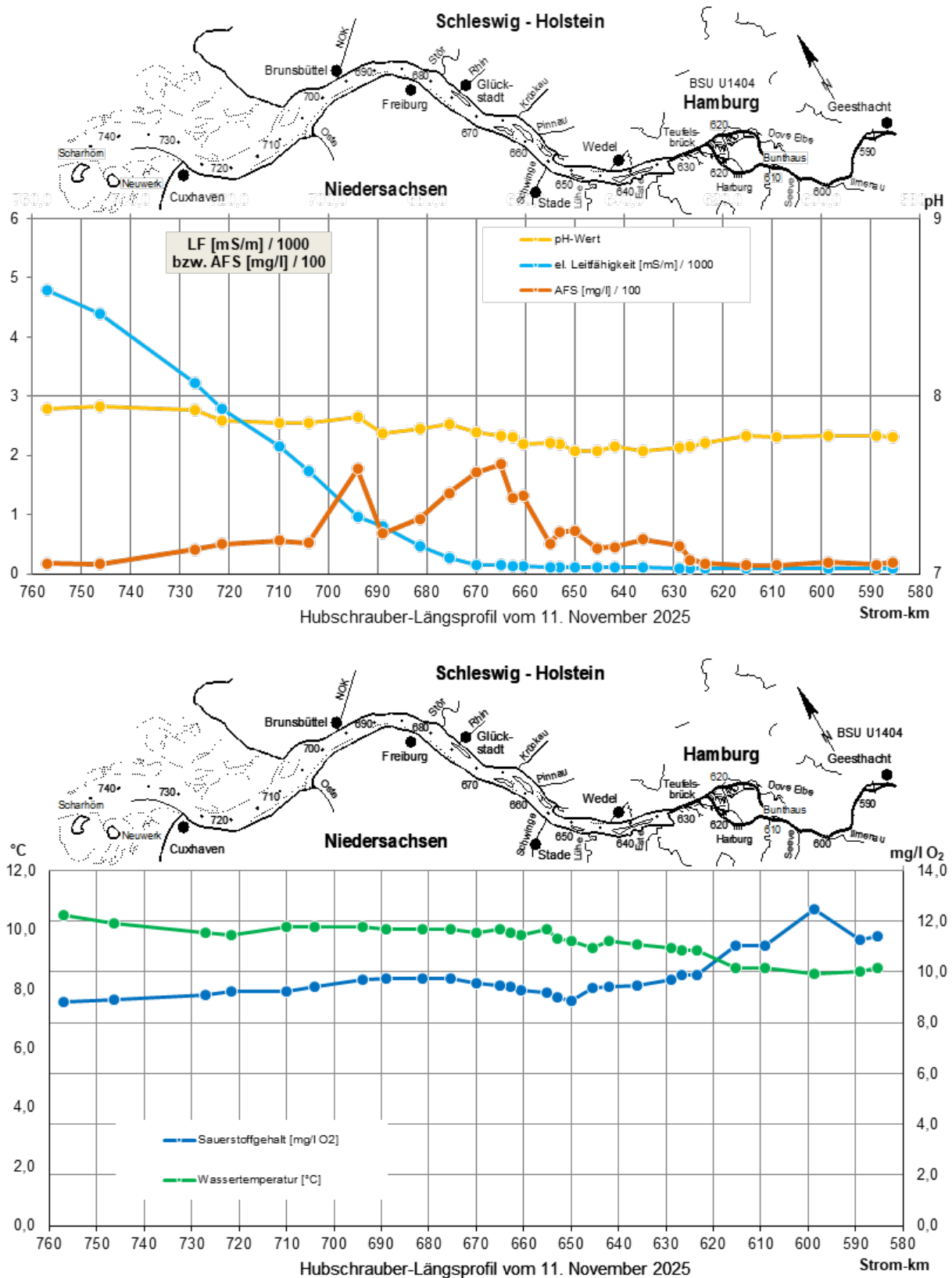


Abbildung 10: Darstellung der Messergebnisse vom 11.11.2025 mit geographischen Bezugspunkten (Design: BUKEA Hamburg).

Tabelle 1: Zeitnah vorliegende Untersuchungsergebnisse (11.11.2025)

Messstelle	TNW (Vorhersage)	Uhr	TW (°C)	O2 (mg/l)	O2-Sätt. Index	pH	LF25°C (µS/cm)	AFS (mg/l)	Bemerkung
H 01 - Nordertill		10:40	10,4	9,0	97 %	7,9	46400	27	
H 02 - Vogelsander Norderelbe		10:52	10,5	8,8	95 %	7,9	46300	20	
H 03 - Tonne 5 (Außenelbe)		10:47	10,5	8,8	95 %	7,9	47900	18	Gezählte Robben: 27
H 04 - Tonne 13 (Scharhörn)		10:57	10,2	8,9	94 %	7,9	43900	17	
H 05 - Cuxhaven (Kugelbake)	11:33	11:05	9,9	9,1	91 %	7,9	32300	41	
H 06 - Tonne 33 (Neufeld)		11:08	9,8	9,2	90 %	7,9	27900	50	
H 07 - Tonne 47 (oberhalb Otterndorf)	12:05	11:14	10,1	9,2	88 %	7,9	21600	56	
H 08 - Tonne 53 (oberhalb Ostemündung)		11:16	10,1	9,4	89 %	7,9	17420	52	
H 09 - Brunsbüttel Elbehafen (westl. Ende)	12:54	11:25	10,1	9,7	89 %	7,9	9640	177	
H 10 - Tonne 63 (St. Margarethen)		11:28	10,0	9,8	89 %	7,8	8000	68	
H 11 - Hollerwettern		11:32	10,0	9,7	87 %	7,8	4580	93	
H 12 - Tonne 79 (Glückstadt)	13:47	11:36	10,0	9,8	87 %	7,8	2620	136	
H 13 - Glückstädter Nebelbe (Tonne GN 7)		11:39	10,0	9,7	87 %	7,8	2130	117	
H 14 - Bielenberg (Leuchtfeuer)		11:42	9,9	9,5	85 %	7,8	1455	171	
H 15 - Tonne 91 (Kollmar)	14:04	11:45	10,0	9,5	84 %	7,8	1534	185	
H 16 - Tonne 96 (Pagensand Mitte)		11:47	9,9	9,4	84 %	7,8	1275	128	
H 17 - Pagensander Nebelbe (Tonne PN 11)		11:51	9,5	9,8	86 %	7,8	1239	139	
H 18 - Grauerort	14:17	11:55	9,8	9,3	82 %	7,7	1292	132	
H 19 - Schwingemündung	14:29	13:12	10,0	9,2	82 %	7,7	1208	51	
H 20 - Tonne 107 (oberhalb Dwarsloch)		13:15	9,7	9,0	79 %	7,7	1101	71	
H 21 - Tonne 112 (Lühesand)		13:17	9,6	8,9	78 %	7,7	1069	72	
H 22 - Lühesander Süderelbe (Tonne LS 11)		13:20	9,5	9,2	80 %	7,7	1086	88	

Messstelle	TNW (Vorhersage)	Uhr	TW (°C)	O2 (mg/l)	O2-Sätt. Index	pH	LF25°C (µS/cm)	AFS (mg/l)	Bemerkung
H 23 - Tonne 117 (Lühemündung)	14:46	13:23	9,4	9,4	82 %	7,7	1066	43	
H 24 - Tonne 123 (Bauhof Wedel)		13:25	9,6	9,4	83 %	7,7	1046	45	
H 25 - Hahnhöfer Nebenelbe (Tonne HN 14)		13:27	9,6	9,4	83 %	7,7	1051	58	
H 26 - Tonne 129 (Blankenese)	15:04	13:30	9,5	9,5	83 %	7,7	1027	58	
H 27 - Seemannshöft (Anleger)	15:16	13:34	9,4	9,7	85 %	7,7	992	47	
H 28 - Neumühlen (Anleger)		13:37	9,3	9,9	86 %	7,7	968	23	
H 29 - Köhlbrandbrücke		13:40	9,2	10,2	89 %	7,7	946	12	
H 30 - Alte Harburger Elbbrücken		13:44	8,7	11,0	95 %	7,8	909	16	
H 31 - Hafenstraße (Brücke 9)	15:30	13:47	9,3	9,9	86 %	7,7	967	18	
H 32 - Billwerder Inseln (oberhalb AB-Brücke)		13:52	8,7	11,1	95 %	7,8	928	15	
H 33 - Bunthaus spitze	16:13	13:55	8,7	11,0	95 %	7,8	918	15	
H 34 - Zollenspieker	17:00	14:00	8,5	12,5	107 %	7,8	896	20	
H 35 - oberhalb Elbstorf		14:06	8,6	11,3	97 %	7,8	885	16	
H 36 - Geesthacht (oberhalb des Wehres)	17:45	14:10	8,7	11,4	98 %	7,8	882	20	

TW: Wassertemperatur

AFS: Suspendierte abfiltrierbare Stoffe

Analytik: NLWKN Stade

Exkurs: Nährstoffe in der Außenelbe und den meeresnahen Messstellen (H01 - H04)

Wie weiter oben schon erläutert dienen die beiden Winterflüge im Februar und November u. a. der Erhebung eines langjährig vergleichbaren Referenzzustands der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Silizium. Zu allen anderen Jahreszeiten werden deren Konzentrationen durch biogene Prozesse (Pflanzenwachstum mit Photosynthese) der Theorie nach in nicht vorhersagbarem Ausmaß beeinflusst.

Abbildung 11 differenziert jahresübergreifend seit 2008 (bzw. für Silizium seit 2000) die bislang erhobenen Daten nach Parameter und Saisonzeiten für

- winterliches Frühjahr (bis einschließlich März),
- Sommer bis Spätsommer (April bis September) und
- winterlicher Herbst (November).

Anhand der in Abbildung 11 als rote Linien eingezeichneten arithmetischen Mittelwerte lässt sich der prognostizierte Jahresverlauf vergleichen. Für die beiden Stickstofffraktionen $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_2\text{-N}$ ist der Verlauf dominant saisonal geprägt. Für $\text{NO}_3\text{-N}$ zeigt sich indessen erst im winterlichen Frühjahr eine signifikant größere Verfügbarkeit von gelöstem $\text{NO}_3\text{-N}$ als im vorherigen Sommerhalbjahr.

Der ähnliche Verlauf der Nitrat-N- und Gesamt-Stickstoff ($\text{TNb}^{(2)}$)-Werte zeigt im Übrigen, dass der verfügbare Stickstoff in der Elbe und dann auch der elbenahen Deutschen Bucht hauptsächlich als Nitrat vorliegt.

Für Phosphor zeigt sich ein anderes Bild als für Nitrat-Stickstoff. Die Verfügbarkeit von gelöstem ortho-Phosphat steigt bereits unmittelbar nach der Sommerperiode an. Bereits im noch winterlichem Frühjahr pendelt sich die Verfügbarkeit auf das spätere sommerlich niedrige Niveau ein. Dies mag als Hinweis gelten, dass bereits in den Anfängen der beginnenden Vegetationsperiode das Reservoir an gelöstem Phosphor rasch für das Pflanzenwachstum aufgenommen wurde.

Hieraus ließe sich der Schluss fassen, dass wir es im Bereich der Außenelbe mit einer phosphorbedingten Limitierung der Eutrophierung zu tun haben. Das entspricht der Theorie, nach der die Entwicklung von Biomasse mit der zusammengefassten Summenformel von $\text{C}_{106}\text{N}_{16}\text{P}_1$ (der sog. *Redfield-Formel*) folgt. Das heißt, solange das molare Verhältnis von pflanzenverfügbarem Stickstoff zu Phosphor die Relation von 16:1 nicht unterschreitet, bleibt Phosphor der limitierende Faktor. In Massenkonzentrationen ausgedrückt beträgt dieses Verhältnis 7:1.

² TNb steht für Total Nitrogen bound. Es beinhaltet alle Formen des Stickstoffs, sowohl anorganisch als auch organisch gebunden. Lediglich N_2 als freies Gas bleibt unberücksichtigt.

In grober Näherung weisen die Daten im frühen Winter für das Massenverhältnis von N:P einen Wert von etwa 10:1 (400 µg/l NO₃-N bzw. 40 µg/l PO₄-P) und im späteren Winter einen Wert von etwa 30:1 (1.000 µg/l NO₃-N bzw. 30 µg/l PO₄-P) auf. Im Sommerhalbjahr pendelt sich diese Relation wieder auf 10:1 (250 µg/l NO₃-N bzw. 25 µg/l PO₄-P) ein.

Würde man die Entstehung von Biomasse als bloß chemische Reaktion betrachten, kann man mit Bezug auf die oben erwähnte *Redfield*-Formel auf einen ganzjährig und insbesondere im späteren Winter vorliegenden Stickstoffüberschuss rückschließen. Diese Aussage deckt sich mit der seit langem bekannten Erkenntnis, dass die Bestrebungen zum Gewässerschutz sich vornehmlich auf eine weitere Stickstoffreduzierung konzentrieren sollten.

Ein anderer, interessanter Aspekt, welcher aus Abbildung 11 hervorgeht, ist die Bedeutung von Silizium als Basis zur Entstehung von Kieselalgen. Der Jahresgang gleicht ungefähr dem des Nitrats. In Kieselalgen entspricht das molare Verhältnis von Stickstoff zu Silizium etwa 1:1. In Massen ausgedrückt beträgt diese Relation demnach 14:28 oder gerundet 1:2. Die Daten in Abbildung 11 zeigen bezogen auf die Mittelwerte folgende Verhältnisse:

- Frühjahrlicher Winter: 1:1,9
- Sommer: 1:1,0
- Früher Winter/später Herbst: 1:2,5.

In der vegetationsärmeren Phase der beiden Winterabschnitte entspricht das gemessene Verhältnis von Stickstoff zu Silizium demnach nahezu der Theorie für eine optimale Entwicklung von Kieselalgen. Im Sommer hingegen werden die Reservoirs an Stickstoff und Silizium nicht vollständig aufgebraucht. Hier ist Silizium mit einer Relation der Massenkonzentrationen von 1:1 offenbar der limitierende Faktor – neben dem schon benannten Phosphor.

Fazit dieses Exkurses:

- Für die weitere Planung von Längsprofilen sollten die beiden Winterflüge im November und Februar unbedingt die vier Messstellen der Außenelbe (manchmal auch als „Elbe Plume“ bezeichnet) beibehalten werden. Nur dann (außerhalb der Vegetationsperiode) lassen sich vergleichbare Zustände des Nährstoffdargebots ermitteln.
- Die aus gewässerkundlichen Studien bekannten Theorien zur Gewässerchemie lassen sich teilweise durch diese fortwährenden Naturmessungen belegen. Unklar aber bleibt z. B. weshalb die Freisetzung von NO₃-N nach der Vegetationsperiode erst im Frühjahr des Folgejahres messtechnisch erkannt wird.

- Für die Eutrophierung (Algenwachstum) im meeresnahen Mündungsgebiet ist Phosphor offenbar ein limitierender Faktor - neben Silizium. Silizium ist allerdings als zweithäufigstes Element der Erdkruste nicht beeinflussbar. Aus gewässerökologischer Sicht sollte daher die weitere Reduzierung von Stickstoffeinträgen im Fokus stehen.
- Die dominante Stickstoff-Fraktion ist Nitrat. Die in früheren Zeiten als problematisch betrachtete Fraktion Ammonium - verbunden mit einer zusätzlich sauerstoffzehrenden Wirkung - spielt mittlerweile eine untergeordnete Rolle.

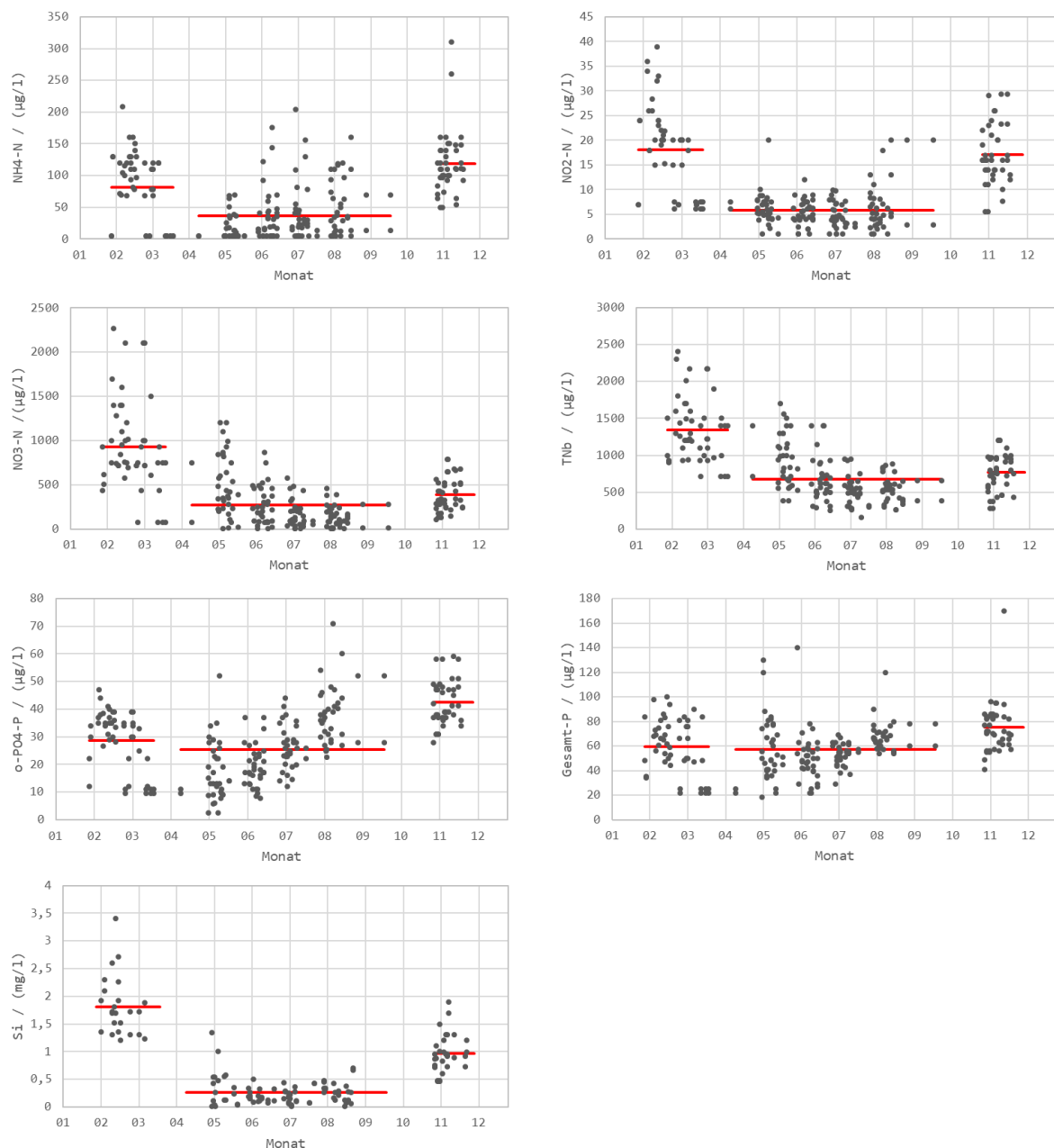


Abbildung 11: Vergleich der saisonalen Mittelwerte für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor (ab 2008) und Silizium (ab 2000) an den Messstellen des äußeren Elbeästuars (H01 - H05); Analytik NLWKN, Brake. Die roten Linien zeigen auf den arithmetischen Mittelwert aller vorliegenden Daten.

Hinweis: TNb (zweite Zeile rechts) steht für Total Nitrogene bound und beinhaltet neben den Komponenten $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ auch den organisch gebundenen Stickstoff.